次世代型ストーク式焼却システムと消化ガス発電システムの LCA*

清水康^{*1}, 小野田弘士^{*2}, 永田勝也^{*3}, 大村健太^{*4}
鈴木康夫^{*5}, 木原泰彦^{*6}, 保延和義^{*6}

LCA of the Advanced Stoker-Type Incineration System and Sewage Gas Generation System

Koh SHIMIZU^{*1}, Hiroshi ONODA, Katsuya NAGATA, Kenta OMURA
Yasuo SUZUKI, Yasuhiko KIHARA and Kazuyoshi HONOBÉ

^{*1}Waseda University Graduate School of Environment and Energy Engineering
Nishiwaseda1-22-3, Shinjuku-ku, Tokyo, 169-8555, Japan

This report shows the results of LCA (Life Cycle Assessment) of the advanced stoker-type incineration system and sewage gas generation system. Both of them show the reduction of ELP (Environmental Load Point) and CO₂ emissions calculated by LCA. The case study is done to realize the effect of the establishment of the incineration plant attached to the sewage plant. By exchanging heat and fuel the attached system shows the good effect of CO₂ reduction compared with the non-attached case. Then the effectiveness of the cooperation of the some plants for constructing high-quality waste management system is shown.

Key Words : Life Cycle Assessment, CO₂ Emissions, Advanced Stoker-Type Incineration System, Sewage Gas Generation System, Waste Management System

1. 緒 言

資源循環システムの高度化を図るための指針のひとつとして、環境負荷・経済性の観点から客観的にシステム全体を定量評価することが可能な手法の構築が求められている。筆者らは、LCA (Life Cycle Assessment) および LCC (Life Cycle Costing) の考え方を応用し、廃棄物処理・リサイクル技術・システムの BAS (Best Available System) を提案することが可能な評価手法に関する研究を展開してきた⁽¹⁾。

そこで、評価対象の拡張として次世代型ストーク式焼却炉⁽²⁾と下水汚泥消化発電システムの評価を行った。さらに、焼却施設を下水処理場に併設することにより、両施設間のユーティリティの融通等による効率性の向上が見込まれることから将来的な実現を見据え、その効果測定も試みた。これにより、個別技術のみならず、既存インフラとの効率的な連携も視野に入れて資源循環システムの高度化を図ることの重要性を示すことを目的とする。

2. 評価方法

環境負荷の評価は、筆者らが開発している統合化指標 ELP (Environmental Load Point) を採用した。ELP は、地球温暖化、エネルギーの枯渇、資源の消費、廃棄物処理問題等の 9 つのインパクトカテゴリーを評価対象としており、パネル法による統合化を試みている⁽³⁾。廃棄物分野における環境負荷はトレードオフが生じることが多く、さま

* 原稿受付 2011 年 10 月 5 日

^{*1} 学生員, 早稲田大学大学院環境・エネルギー研究科 (〒169-0051 東京都新宿区西早稲田 1-22-3)

^{*2} 正員, 早稲田大学大学院環境・エネルギー研究科

^{*3} 正員, フェロー, 早稲田大学大学院環境・エネルギー研究科

^{*4} 早稲田大学大学院 環境・エネルギー研究科

^{*5} 正員, JFE エンジニアリング (株)

^{*6} JFE エンジニアリング (株)

E-mail: kou.simizu@gmail.com

ざまな環境負荷を総合的に捉えることが可能となる。また、ELPのみならず、近年、関心が高まっている地球温暖化への影響を評価することを目的に、CO₂排出量による評価も併記した。

3. 個別技術・システムの評価結果

(1) 次世代型ストーカ式焼却システム

次世代型ストーカ式焼却炉は、炉内において高温空気と再循環ガスを混合させた高温混合気を二回流式焼却炉の燃焼開始領域に供給し、低空気比燃焼によって排ガス中の NO_x 濃度低減や発電効率向上を実現した⁽²⁾。施設処理規模を 280t/d、年間運転日数は 280D/Y とした場合の新旧のストーカ炉の CO₂ 排出量および ELP を比較した結果を図 1 に示した。同図より、発電量の増加とアンモニア製造の回避によって 10.5% の CO₂ 排出量削減、2.2% の ELP 削減となっており、次世代型ストーカ式焼却炉の環境負荷削減効果を確認することができた。

(2) 下水汚泥消化発電システム

汚泥消化発電システムは、下水汚泥を脱水・濃縮後に消化槽へと投入し、発生した消化ガスによる発電を行うシステムである。ガスエンジンからの排熱は消化槽の加温に利用される。一部の消化ガスは、消化汚泥とともに汚泥焼却炉において焼却を行う。消化プロセスによって、汚泥は 40%削減される。下水汚泥消化発電システムを導入した場合と下水汚泥を全量焼却処分した場合の評価結果を図 2 に示した。発電による環境負荷削減効果と焼却処分される汚泥の量が削減されるため、汚泥焼却過程で発生する CH₄、N₂O 量が減少する。これより、CO₂ 排出量では 32.5%、ELP では 45.5% の削減が見込める結果となった。

Fig.1 LCA of the Advanced Stoker-type incineration system

Fig.2 LCA of the Sewage Gas Generation System

4. 併設システムの評価結果

システム全体としてのさらなる効率化を目指し、下水汚泥消化発電システムとストーカ炉の併設を行った場合の評価を行った。評価を行う際に、消化汚泥の乾燥燃料化、炭化燃料化を行った場合の検討を行うとともに、発生した消化ガスの利用方法、消化汚泥の処理方法に関しても検討した。比較対象とした各 CASE の概要を以下に示す。

- (1) CASE1: 下水汚泥消化発電施設と一般廃棄物用焼却施設（ストーカ炉）を非併設とした。
- (2) CASE2: 下水汚泥消化発電施設と一般廃棄物用焼却施設（ストーカ炉）を併設する。ストーカ炉からの排熱を消化槽へ供給し、消化ガスを汚泥乾燥燃料化に用い、汚泥乾燥燃料はストーカ炉での焼却発電に用いる。残りの消化ガスは発電に利用する。
- (3) CASE3: CASE2 で製造された汚泥乾燥燃料を石炭代替として他の施設へ供給する。
- (4) CASE4: ストーカ炉からの排熱を消化に利用し、発生した消化ガスを全量汚泥の炭化燃料化に使用し、製造された炭化燃料は石炭の代替として他の施設へ供給する。

以上の各 CASE の CO₂ 排出量を比較した結果を図 3 に示す。CASE1 に比べて CASE2 では、乾燥汚泥を製造し、ストーカ炉において焼却することによって焼却時の消費電力が削減されるとともに発電量が増加する。CO₂ 排出量は 2% 低減し、削減効果は従来に比べ 2% 増加するため、全体で 27.5% 削減される。CASE3 では汚泥乾燥燃料による石炭代替の効果が大きい。CASE4 についても炭化燃料による削減効果が確認できるが、消化ガス全量を炭化燃料化に利用しているため、ガスエンジンによる発電の効果が得られていないため CASE3 と比べて削減量は少なくなっている。

今回示した CASE のなかでは、CASE3 の下水汚泥に対して、消化、乾燥燃料化を行い、製造された乾燥燃料は石炭の代替として利用することが最も CO₂ 排出量が削減されるという結果となった。

Fig.3 Comparison of CO₂ emissions of each CASE

5. 結 語

本研究により、得られた知見を以下に示す。

- (1) 次世代型ストーカ式焼却システムは、従来型と比較して 10.5%の CO₂ 排出量削減, 2.2%の ELP 削減となった。
- (2) 下水汚泥消化発電システムを導入することによって、下水汚泥を全量焼却した場合と比較して、CO₂ 排出量では 32.5%, ELP では 45.5%の削減が見込める結果となった。

下水汚泥消化発電施設と一般廃棄物用焼却施設を併設することの効果を定量的に示した。相互の熱融通と消化ガス発電を行い、製造された汚泥乾燥燃料を外部供給する場合の CO₂ 排出量が最も小さい。

文 献

- (1) 小野田弘士, “焼却灰の処理及びリサイクルに係る LCA 的評価”, 都市清掃, Vol.63, No.297(2010), pp.431-436.
 - (2) 中山剛, 傳田知広, 木ノ下誠二, 中川知紀, 鮎川将, “次世代型ストーカ式焼却炉の運転状況報告”, 日本機械学会 第 20 回環境工学総合シンポジウム 2010 講演論文集, No.10-15(2010), pp.133-134.
 - (3) 小野田弘士, “使用済み製品からの効率的な資源回収を促進するために製品設計段階から必要な視点”, 環境研究 2011 No.162(2011), pp.75-84.
-